

DOCKET NO.: 2063385 PCT

09/830851  
JC08 R PCT/PTO 02 MAY 2007

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Katunari OHSONO, et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HEREWITH

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP00/05980

INTERNATIONAL FILING DATE: 04 September 2000

FOR: CASK

#41

P. Brila

7/25/01

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119**  
**AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

**COUNTRY**

**APPLICATION NO.**

**DAY/MONTH/YEAR**

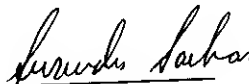
JAPAN

11/249314

02 September 1999

A certified copy of the corresponding Convention application(s) was submitted to the International Bureau in PCT Application No. **PCT/JP00/05980**. Receipt of the certified copy(s) by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.

Respectfully submitted,  
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



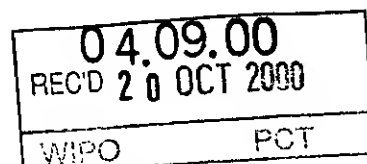
Marvin J. Spivak  
Attorney of Record  
Registration No. 24,913  
Surinder Sachar  
Registration No. 34,423



22850

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

日本国特許庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

EKU

JP00/5980

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application:

1999年 9月 2日

09/830851

出願番号  
Application Number:

平成11年特許願第249314号

出願人  
Applicant (s):

三菱重工業株式会社

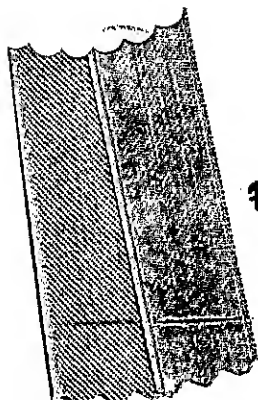
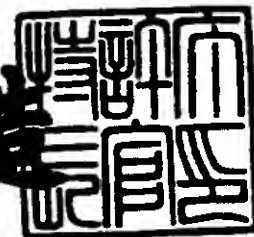
09/830851

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2000年10月 6日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及川耕造



【書類名】 特許願  
【整理番号】 199901535  
【提出日】 平成11年 9月 2日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【国際特許分類】 G21F 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内

【氏名】 大園 勝成

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内

【氏名】 上 弘一

【発明者】

【住所又は居所】 神戸市兵庫区和田崎町一丁目1番1号 三菱重工業株式会社 神戸造船所内

【氏名】 松岡 寿浩

【特許出願人】

【識別番号】 000006208

【氏名又は名称】 三菱重工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089118

【弁理士】

【氏名又は名称】 酒井 宏明

【代理人】

【識別番号】 100110560

【弁理士】

【氏名又は名称】 松下 恵三

特平 1 1 - 2 4 9 3 1 4

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 036711

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

~~【物件名】 図面 1~~

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9902892

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 キャスク

【特許請求の範囲】

【請求項1】 外周に中性子遮蔽体を有し且つ $\gamma$ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、中性子吸収能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外形に合わせた形状にし、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたことを特徴とするキャスク。

【請求項2】 前記キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたことを特徴とする請求項1に記載のキャスク。

【請求項3】 外周に中性子遮蔽体を有し且つ $\gamma$ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内面、および、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外面、の一方を他方の形状に合わせることで両面を接触状態にし、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたことを特徴とするキャスク。

【請求項4】 さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記角パイプに接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入したことを特徴とする請求項1～3のいずれか一つに記載のキャスク。

【請求項5】 さらに、前記胴本体の外側であって当該胴本体の厚さが薄くなる部分に、 $\gamma$ 線を遮蔽する補助遮蔽体を設けたことを特徴とする請求項1～4のいずれか一つに記載のキャスク。

【請求項6】 外周に中性子遮蔽体を有し且つ $\gamma$ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティと、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットとの間にスペーサを設け、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたことを特徴とするキャスク。

【請求項7】 さらに、前記バスケットを構成する角パイプのうちの複数、キャビティ挿入前から一体化しておくことを特徴とする請求項1～6のいずれ

か一つに記載のキャスク。

【請求項 8】 構造材に中性子吸収材を添加した複数の角パイプを束にすることで、使用済み核燃料集合体を収容する複数の格子状セルを形成したバスケットと、

$\gamma$ 線遮蔽材からなる鍛造品であって円筒形状のキャビティ内を、前記角パイプから構成したバスケット外形に合わせて平面加工した胴本体と、

胴本体と外筒との間に渡した内部フィンを複数有すると共に胴本体、外筒および内部フィンにより形成する空間に充填した中性子を遮蔽する中性子遮蔽体とを備え、

前記キャビティ内に前記角パイプを順次挿入してバスケットを構成した際、当該バスケット外面がキャビティ内面に接するようにしたことを特徴とするキャスク。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、燃焼を終えた使用済み核燃料集合体を収容、貯蔵するものであって、熱伝導効率を向上すること、使用済み核燃料集合体の収容数を増加すること、コンパクト化或いは軽量化することのできるキャスクに関する。

【0002】

【従来の技術】

核燃料サイクルの終期にあって燃焼を終え使用できなくなった核燃料集合体を、使用済み核燃料という。使用済み核燃料は、FPなど高放射能物質を含むので熱的に冷却する必要があるから、原子力発電所の冷却ピットで所定期間（3～6ヶ月間）冷却される。その後、遮蔽容器であるキャスクに収納され、トラック等で再処理施設に搬送、貯蔵される。使用済み核燃料集合体をキャスク内に収容するにあたっては、バスケットと称する格子状断面を有する保持要素を用いる。当該使用済み核燃料集合体は、当該バスケットに形成した複数の収納空間であるセルに1体ずつ挿入され、これにより、輸送中の振動などに対する適切な保持力を確保している。

### 【0003】

このようなキャスクの従来例としては、「原子力eye」（平成10年4月1日発行：日刊工業出版プロダクション）や特開昭62-242725号公報などにて様々な種類のものが開示されている。以下に本発明の開発にあたり、その前提となったキャスクについて説明する。なお、当該キャスクは、説明の便宜のために示すものであり、いわゆる公知、公用に該当するものではない。

### 【0004】

図16は、キャスクの一例を示す斜視図である。図17は、図16に示したキャスクの軸方向断面図である。キャスク500は、筒形状の胴本体501と、胴本体501の外周に設けた中性子遮蔽体であるレジン502と、その外筒503、底部504および蓋部505から構成されている。胴本体501および底部504は、 $\gamma$ 線遮蔽体である炭素鋼製の鍛造品である。また、蓋部505は、ステンレス鋼製等の一次蓋506および二次蓋507からなる。胴本体501と底部504は、突き合わせ溶接により結合してある。一次蓋506および二次蓋507は、胴本体501に対してステンレス製等のボルトにより固定されている。蓋部505と胴本体501との間には、金属製のOリングが介在し、内部の気密を保持している。

### 【0005】

胴本体501と外筒503との間には、熱伝導を行う複数の内部フィン508が設けられている。内部フィン508は、熱伝導効率を高めるためその材料には銅を用いる。レジン502は、この内部フィン508により形成される空間に流動状態で注入され、冷却することで固化形成する。バスケット509は、69本の角パイプ510を図16のような束状に集合させた構造であり、胴本体501のキャビティ511内に拘束状態で挿入してある。

### 【0006】

当該角パイプ510は、挿入した使用済み核燃料集合体が臨界に達しないように中性子吸収材（ホウ素：B）を混合したアルミニウム合金からなる。なお、キャスク本体512の両側には、キャスク500を吊り下げるためのトラニオン513が設けられている（一方は省略）。また、キャスク本体512の両端部には

、内部に緩衝材として木材などを組み込んだ緩衝体 514 が取り付けられている（一方は省略）。

#### 【0007】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、実際に上記キャスク 500 を製作する場合には、通常、使用済み核燃料集合体の収容数、寸法および重量などの設計条件について検討する必要がある。具体的には、その収容数が多いうえ、外径が小さく、重量の軽いキャスクが好ましいものといえる。ところが、上記キャスク 500 の構成によれば、キャビティ 511 内面に対して最外周の角パイプ 510 で線接触することになるから、バスケット 509 とキャビティ 511 の間に空間領域 S が生じ、セル 515 から胴本体 501 への熱伝導が効率的に行えない。また、空間領域 S の存在により胴本体 501 の径が大きくなってしまうため、キャスク 500 が重くなってしま

#### 【0008】

これに対し、キャスク外部に漏れる放射線量は、中性子および  $\gamma$  線の総量で規制されているから、キャスク 500 の軽量化を図るには胴本体 501 の厚さを小さくすればよいことになる。しかし、 $\gamma$  線遮蔽体でもあるから、胴本体 501 側に、 $\gamma$  線遮蔽機能を確保するだけの厚さが要求されることになる。また、上記キャスク 500 では、従来にない 69 個の燃料集合体を収容可能にしているが、所定重量に納めるため当該構成で胴本体 501 の径を小さくすると、使用済み核燃料集合体の収容数が少なくなってしまう。

#### 【0009】

この発明は、上記に鑑みてなされたものであって、熱伝導効率を向上すること、使用済み核燃料集合体の収容数を増加すること、コンパクト化或いは軽量化すること、のいずれかの条件を満たすキャスクを提供することを目的とする。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上述の目的を達成するために、請求項 1 にかかるキャスクは、外周に中性子遮蔽体を有し且つ  $\gamma$  線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、中性子吸収能を有す

る複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外形に合わせた形状にし、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたものである。

#### 【0011】

使用済み核燃料集合体は、放射線を発生すると共に崩壊熱を伴う。この使用済み核燃料集合体は、角パイプから構成したバスケットのセル内に収容することになるが、ここで、胴本体のキャビティ内をバスケットの外形に合わせた形状にすることで、当該バスケットをキャビティ内に挿入した場合に、外側の角パイプがキャビティ内面に面接触することになる。また、キャビティ内の形状をバスケットの外形に合わせたことで、角パイプとキャビティとの間に空間領域が生じない。このため、前記崩壊熱は、バスケットから胴本体へと効率的に伝導する。

#### 【0012】

また、キャビティ内の空間領域をなくしたことにより、胴本体の外径を小さくすることができる。反対に、胴本体の外径を、図16に示したような胴本体と同じくした場合、より多くの角パイプを挿入することが可能になる。なお、前記角パイプは中性子吸収機能を有するから、使用済み核燃料集合体を収納した場合でも臨界に達することはない。また、使用済み核燃料集合体から発生した $\gamma$ 線は胴本体により遮蔽されると共に、中性子は中性子遮蔽体により遮蔽される。

#### 【0013】

また、請求項2にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、前記キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたものである。このように、キャビティ内の全てをバスケットの外形に合わせる必要はなく、その一部を合わせることによっても、上記請求項1にかかるキャスクと同質の作用、効果を得ることができる。

#### 【0014】

すなわち、キャビティ内の一部をバスケットの外形に合わせることで、キャビティ内面と角パイプとの接触面積を確保できると共にキャビティ内の空間領域を小さくすることができる。このため、熱伝導を効率的に行うことができるようになる。また、空間領域を縮小した分、胴本体の外径を小さくことができ、反

対に胴本体の外径をそのままにすることで、使用済み核燃料集合体の収容数を増加させることができる。

【0015】

また、請求項3にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、外周に中性子遮蔽体を有し且つγ線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内面、および、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外表面、の一方を他方の形状に合わせることで両接触状態にし、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにしたものである。

【0016】

バスケットのセル内に収容した使用済み核燃料集合体は放射線と共に崩壊熱を伴い、この崩壊熱はセルを通じてバスケット外表面に到達する。バスケット外表面とキャビティ内面とはその一方が他方の形状に合わせた接触状態にあるので、崩壊熱はバスケットから胴本体に効率的に伝導し、外部に放出される。また、キャビティ内面をバスケット外表面に合わせた形状とすることで、キャビティ内の空間領域がなくなるから、胴本体の外径を小さくすることができる。一方、バスケット外表面をキャビティ内面の形状に合わせることで、より多くの角パイプを挿入することが可能になる。

【0017】

ここで、バスケット外表面とキャビティ内面の一方を他方に合わせる場合、たとえばキャビティ内面をバスケット外表面の形状に合わせて平面加工するようにしてもよいし、バスケット外表面をキャビティ内面の形状に合わせ、外周のセルを成形するようにしてもよい。なお、上記接触状態とは、完全かつ常時、キャビティ内面とバスケット外表面とが接触している必要はなく、僅かな隙間が存在したり一時的に接触が解かれる場合があることを含むものとする。

【0018】

また、請求項4にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記角パイプ

に接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入したものである。

【0019】

キャスク内をバスケットの外形に合わせた形状にした場合、胴本体の厚さが不均一になるが、胴本体は $\gamma$ 線を遮蔽するものであって所定厚が確保できればそれ以外の厚み部分はキャスクの重量を増加させる原因となる。そこで、このキャスクでは、キャビティ内であって厚さに余裕がある部分にダミーパイプに合わせた形状を設け、当該ダミーパイプを挿入することで軽量化を図るようにしている。

【0020】

また、角パイプに接する状態で挿入するので、角パイプと胴本体との伝熱の媒介役を果たすと共に当該角パイプ同士を押し付けて接触させる機能を持つ。これにより、角パイプ間の伝熱効率が向上することができる。なお、ダミーパイプの形状および個数は、必要により適宜選択する。また、角パイプに接する状態とは、上記同様に完全かつ常時、接している必要はないことを意味するものとする。

【0021】

また、請求項5にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、前記胴本体の外側であって当該胴本体の厚さが薄くなる部分に、 $\gamma$ 線を遮蔽する補助遮蔽体を設けたものである。

【0022】

たとえばキャビティ内をバスケットの外形に合わせた形状にした場合、バスケットの角部分で胴本体の厚さが薄くなるから、その部分で $\gamma$ 線の遮蔽能力が低下する。そこで、当該部分に補助遮蔽体を設けることで、 $\gamma$ 線の遮蔽能力を強化するようにした。また、補助遮蔽体は胴本体の外側に設けられるが、その位置は胴本体の外面に接するように設けてもよいし、或いは胴本体の外面から少し離し、前記中性子遮蔽体に埋設するようにしてもよい。なお、補助遮蔽体の材料は、胴本体と同じものであっても、 $\gamma$ 線遮蔽能力を有するならば異なるものであってもよい。

【0023】

また、請求項6にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、外周に中性子遮蔽体を有し且つ $\gamma$ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティと、中性子吸収機能を有す

る複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットと、の間にスペーサを設け、前記キャビティ内に挿入したバスケットの各セル内に使用済み核燃料集合体を収容して貯蔵するようにした。

【0024】

キャビティ内が円筒形状の胴本体（図16参照）にバスケットを挿入した場合、バスケットとキャビティとが線接触することになり、かつ、キャビティ内に空間領域が生じることから、使用済み核燃料集合体の崩壊熱がセルから胴本体に伝導しにくくなる。そこで、キャビティとバスケットの間にスペーサを挿入することで空間領域をなくすと共に実質的な接触面積を増やすことで、当該スペーサを介して熱伝導を行うようにした。

【0025】

このスペーサには、胴本体と同じ材料により成形した断面蒲鉾状のものや、セルと同じ材料を用いて押出し又はプレス成形した中空状のものを用いることができる。また、キャビティとバスケットの全ての間にスペーサを設けるようにしてもよいし、必要な部分のみにスペーサを設けるようにしてもよい。このような構成にすれば、セルから胴本体への熱伝導効率が向上する。

【0026】

また、請求項7にかかるキャスクは、上記キャスクにおいて、さらに、前記バスケットを構成する角パイプのうちの複数を、キャビティ挿入前から一体化しておくものである。前記キャビティ内に角パイプを1本ずつ挿入するようにするとキャスクの組立作業が面倒になるし、角パイプ間に存在する接触界面が熱伝導効率の向上の妨げになる。そこで、バスケットを構成する角パイプのうちの複数を一体化するようにした。このようにすれば、キャビティ内への挿入をまとめて行えるから組立作業が簡単になるし、接触界面が存在しないから熱伝導効率がさらに向上する。

【0027】

また、請求項8にかかるキャスクは、構造材に中性子吸収材を添加した複数の角パイプを束にすることで、使用済み核燃料集合体を収容する複数の格子状セルを形成したバスケットと、 $\gamma$ 線遮蔽材からなる鍛造品であって円筒形状のキャビ

ティ内を、前記角パイプから構成したバスケット外形に合わせて平面加工した胴本体と、胴本体と外筒との間に渡した内部フィンを複数有すると共に胴本体、外筒および内部フィンにより形成する空間に充填した中性子を遮蔽する中性子遮蔽体とを備え、前記キャビティ内に前記角パイプを順次挿入してバスケットを構成した際、当該バスケット外面がキャビティ内面に接するようにしたものである。

【0028】

セル内に収容した使用済み核燃料集合体からは、放射線と共に崩壊熱が発生する。この崩壊熱は、当該セルから隣接するセルを通じてバスケットの外面に到達する。ここでキャスク内がバスケットの外形に合わせて平面加工してあり、当該バスケットの外面がキャビティ内面に接しているから、前記崩壊熱は効率的に胴本体に伝導することになる。胴本体に伝導した崩壊熱は、主に内部フィンを通じて外筒から放熱される。一方、使用済み核燃料集合体から発生する中性子は、角パイプに添加した中性子吸収材、たとえばボロンなどにより吸収され臨界に達するのを防止する。また、 $\gamma$ 線は胴本体にて遮蔽され、中性子は中性子遮蔽体によって遮蔽される。

【0029】

また、バスケットの外面をキャビティ内面に接するようにすることで、上記図16に示したような空間領域をなくすることができる。このため、胴本体の外径を小さくすることができる。反対に、胴本体の外形を同図に示すものと同じにした場合、より多くの角パイプを挿入することが可能になる。

【0030】

#### 【発明の実施の形態】

以下、この発明にかかるキャスクにつき図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0031】

#### （実施の形態1）

図1は、この発明の実施の形態1にかかるキャスクを示す斜視図である。図2は、図1に示したキャスクの径方向断面図である。図3は、図1に示したキャスクの軸方向断面図である。この実施の形態1にかかるキャスク100は、胴本体

101のキャビティ102内面をバスケット130の外周形状に合わせて機械加工したものである。キャビティ102内面の機械加工は、後述する専用の加工装置によってフライス加工する。胴本体101および底板104は、 $\gamma$ 線遮蔽機能を有する炭素鋼製の鍛造品である。なお、炭素鋼の代わりにステンレス鋼を用いることもできる。前記本体胴101と底板104は、溶接により結合する。また、耐圧容器としての密閉性を確保するため、一次蓋110と胴本体101との間には金属ガスケットを設けておく。

#### 【0032】

胴本体101と外筒105との間には、水素を多く含有する高分子材料であって中性子遮蔽機能を有するレジン106が充填されている。また、胴本体101と外筒105との間には熱伝導を行う複数の銅製内部フィン107が溶接されており、前記レジン106は、この内部フィン107によって形成される空間に流動状態で注入され、冷却固化される。なお、内部フィン107は、放熱を均一に行うため、熱量の多い部分に高い密度で設けるようにするのが好ましい。また、レジン106と外筒105との間には、数mmの熱膨張しろ108が設けられる。この熱膨張しろ108は、ホットメルト接着剤等にヒーターを埋め込んだ消失型を外筒105内面に配し、レジン106を注入固化した後、ヒーターを加熱して溶融排出することにより形成する（図示省略）。

#### 【0033】

蓋部109は、一次蓋110と二次蓋111により構成される。この一次蓋110は、 $\gamma$ 線を遮蔽するステンレス鋼または炭素鋼からなる円盤形状である。また、二次蓋111もステンレス鋼製または炭素鋼製の円盤形状であるが、その上面には中性子遮蔽体としてレジン112が封入されている。一次蓋110および二次蓋111は、ステンレス製または炭素鋼製のボルト113によって胴本体101に取り付けられている。さらに、一次蓋110および二次蓋111と胴本体101との間にはそれぞれ金属ガスケットが設けられ、内部の密封性を保持している。また、蓋部109の周囲には、レジン114を封入した補助遮蔽体115が設けられている。

#### 【0034】

キャスク本体116の両側には、キャスク100を吊り下げるためのトラニオン117が設けられている。なお、図1では、補助遮蔽体115を設けたものを示したが、キャスク100の搬送時には補助遮蔽材115を取り外して緩衝体118を取り付ける（図2参照）。緩衝体118は、ステンレス鋼材により作成した外筒120内にレッドウッド材などの緩衝材119を組み込んだ構造である。バスケット130は、使用済み核燃料集合体を収容するセル131を構成する69本の角パイプ132からなる。角パイプ132には、A1またはA1合金粉末に中性子吸収性能を持つBまたはB化合物の粉末を添加したアルミニウム複合材またはアルミニウム合金を用いる。また、中性子吸収材としては、ボロンの他にカドミウムを用いることができる。

#### 【0035】

図4は、上記角パイプの製造方法を示すフローチャートである。まず、アトマイズ法などの急冷凝固法によりA1またはA1合金粉末を作製すると共に（ステップS401）、BまたはB化合物の粉末を用意し（ステップS402）、これら両粒子をクロスロータリーミキサー等によって10～15分間混合する（ステップS403）。

#### 【0036】

前記A1またはA1合金には、純アルミニウム地金、A1-Cu系アルミニウム合金、A1-Mg系アルミニウム合金、A1-Mg-Si系アルミニウム合金、A1-Zn-Mg系アルミニウム合金、A1-Fe系アルミニウム合金などを用いることができる。また、前記BまたはB化合物には、 $B_4C$ 、 $B_2O_3$ などを用いることができる。ここで、アルミニウムに対するボロンの添加量は、1.5重量%以上、7重量%以下とするのが好ましい。1.5重量%以下では十分な中性子吸収能が得られず、7重量%より多くなると引っ張りに対する延びが低下するためである。

#### 【0037】

つぎに、混合粉末をラバーケース内に封入し、CIP（Cold Isostatic Press）により常温で全方向から均一に高圧をかけ、粉末成形を行う（ステップS404）。CIPの成形条件は、成形圧力を200MPaとし、成形品の直径が60

0 mm、長さが1500 mmになるようにする。CIPによって全方向から均一に圧力を加えることにより、成形密度のばらつきが少ない高密度な成形品を得ることができる。

【0038】

続いて、前記粉末成形品を缶に真空封入し、300℃まで昇温する（ステップS405）。この脱ガス工程にて缶内のガス成分および水分を除去する。つぎの工程では、真空脱ガスした成形品をHIP（Hot Isostatic Press）により再成形する（ステップS406）。HIPの成形条件は、温度400℃～450℃、時間30 sec、圧力6000 tonとし、成形品の直径が400 mmになるようにする。続いて、缶を除去するために外削、端面削を施し（ステップS407）、ポートホール押出機を用いて当該ピレットを熱間押出しする（ステップS408）。この場合の押出条件として、加熱温度を500℃～520℃、押出速度を5 m/minとする。なお、この条件は、Bの含有量により適宜変更する。

【0039】

つぎに、押出成形後、引張矯正を施すと共に（ステップS409）、非定常部および評価部を切断し、製品とする（ステップS410）。完成した角パイプは、図5に示すように、断面の一辺が162 mm、内側が151 mmの四角形状となる。寸法公差は、要求される規格の関係でマイナス公差を0にとる。また、内側角のRが5 mmであるのに対し、外側角のRを0.5 mmのシャープエッジに成形する。

【0040】

エッジ部分のRが大きい場合、バスケット130に応力が加わると、角パイプ132の特定部位（エッジ近傍）に応力集中が起こって破損の原因となりうる。このため、角パイプ132をシャープエッジにすることで、隣接する角パイプ132に対して応力が素直に伝わるから、角パイプ132の特定部位に対する応力集中を避けることができる。なお、この角パイプ132の他の製造方法として、本願出願人により平成11年5月27日付け（「バスケット及びキャスク」）で既に出願済みのものがあるから、そちらを参照して製造してもよい。

【0041】

図6は、上記角パイプの挿入方法を示す斜視図である。上記工程により製造した角パイプ132は、キャビティ102内の加工形状に沿って順次挿入される。ここで、角パイプ132に曲げとねじれが生じていること、寸法のマイナス公差が0であることから、角パイプ132を適当に挿入しようとする、公差の累積や曲げの影響を受けて挿入しにくくなり、無理に挿入すると角パイプ132に過剰な応力が加わることになる。そこで、製造した全部または一部の角パイプ132の曲げ及びねじれをレーザ測定器などにより予め測定し、コンピュータを用いることで、当該測定データに基づき最適な挿入位置を割り出すようにする。このようにすれば、キャビティ102内に角パイプ132を容易に挿入することができるし、それぞれの角パイプ132にかかる応力を均一にすることができる。

#### 【0042】

また、図6および図2に示すように、キャビティ102のうちセル数が5個または7個となる角パイプ列の両側には、それぞれダミーパイプ133が挿入されている。このダミーパイプ133は、胴本体101の重量を軽減すると共に胴本体101の厚みを均一化すること、角パイプ132を確実に固定することを目的とする。このダミーパイプ133にもボロン入りアルミニウム合金を用い、上記同様の工程により製作する。なお、このダミーパイプ133は省略することもできる。

#### 【0043】

つぎに、胴本体101のキャビティ102の加工について説明する。図7はキャビティ102の加工装置を示す概略斜視図である。この加工装置140は、胴本体101内を貫通すると共にキャビティ102内に載置固定される固定テーブル141と、固定テーブル141上を軸方向に摺動する可動テーブル142と、可動テーブル142上にて位置決め固定されているサドル143と、サドル143上に設けられスピンドル144および駆動モータ145からなるスピンドルユニット146と、スピンドル軸に設けたフェースミル147とから構成されている。また、スピンドルユニット146上には、キャビティ102内形状に従って当接部を成形した反力受け148が設けられている。この反力受け148は、着脱自在であって螺旋溝（図示省略）に沿って図中矢印方向にスライドする。また、

反力受け 1 4 8 は、スピンドルユニット 1 4 6 に対するクランプ装置 1 4 9 を有しており、所定位置にて固定することができる。

【0 0 4 4】

さらに、固定テーブル 1 4 1 の下部溝内には、複数のクランプ装置 1 5 0 が取り付けられている。このクランプ装置 1 5 0 は、油圧シリンダ 1 5 1 と、油圧シリンダ 1 5 1 の軸に設けたくさび状の移動ブロック 1 5 2 と、当該移動ブロック 1 5 2 と傾斜面で当接する固定ブロック 1 5 3 とから構成されており、図中斜線部側を固定テーブル 1 4 1 の溝内面に取り付けるようにする。油圧シリンダ 1 5 1 の軸を駆動すると、移動ブロック 1 5 2 が固定ブロック 1 5 3 に当接し、くさびの効果により移動ブロック 1 5 2 が多少下方に移動する（図中点線で示す）。これにより、移動ブロック 1 5 2 の下面がキャビティ 1 0 2 内面に押し当てられるから、固定テーブル 1 4 1 をキャビティ 1 0 2 内で固定することができる。

【0 0 4 5】

また、胴本体 1 0 1 はローラからなる回転支持台 1 5 4 上に載せられており、径方向に回転自在となる。また、スピンドルユニット 1 4 6 とサドル 1 4 3 との間にスペーサ 1 5 5 をかますことにより、固定テーブル 1 4 1 上のフェースミル 1 4 7 の高さを調整することができる。スペーサ 1 5 5 の厚さは、上記角パイプ 1 3 2 の一辺の寸法と同じである。サドル 1 4 3 は、移動テーブル 1 4 2 に設けたハンドル 1 5 6 を回転させることにより胴本体 1 0 1 の径方向に移動する。移動テーブル 1 4 2 は、固定テーブル 1 4 1 の端部に設けたサーボモータ 1 5 7 とボールネジ 1 5 8 により移動制御される。なお、加工が進むにつれてキャビティ 1 0 2 内の形状が変わるので、反力受け 1 4 8 やクランプ機構 1 5 0 の移動ブロック 1 5 2 を適当な形状のものに変更する必要がある。

【0 0 4 6】

図 8 は、キャビティの加工方法を示す概略説明図である。まず、クランプ装置 1 5 0 および反力受け 1 4 8 により固定テーブル 1 4 1 をキャビティ 1 0 2 内の所定位置にて固定する。つぎに、同図（a）に示すように、固定テーブル 1 4 1 に沿ってスピンドルユニット 1 4 6 を所定の切削速度にて移動させ、フェースミル 1 4 7 によるキャビティ 1 0 2 内の切削を行う。当該位置での切削が完了する

と、クランプ装置150を外して固定テーブル141を解放する。つぎに、同図(b)に示すように、回転支持台154上で胴本体101を90度回転させ、クランプ装置150にて固定テーブル141を固定する。そして、上記同様にフェースミル147にて切削を行う。以降、前記同様の工程をさらに2回繰り返す。

【0047】

つぎに、スピンドルユニット146を180度回転させ、同図(c)に示すように、順次、キャビティ102内の切削を行う。この場合も、上記同様に胴本体101を90度回転させながら加工を繰り返す。つぎに、同図(d)に示すように、スピンドルユニット146にスペーサ155をかませることで当該スピンドルユニットの位置を高くする。そして、当該位置にてフェースミル147を軸方向に送り、キャビティ102内の切削を行う。これを90度回転させながら繰り返すことで、角パイプ132を挿入するのに必要な形状がほぼ完成する。なお、ダミーパイプ133を挿入する部分の切削も、同図(d)に示すのと同様にして行えばよい。但し、スピンドルユニット146の高さを調整するスペーサ厚は、ダミーパイプ133の一辺と同じにする。

【0048】

キャスク100に収容する使用済み核燃料集合体は、核分裂性物質および核分裂生成物などを含み、放射線を発生すると共に崩壊熱を伴うため、キャスク100の除熱機能、遮蔽機能および臨界防止機能を貯蔵期間中(60年程度)、確実に維持する必要がある。この実施の形態1にかかるキャスク100では、胴本体101のキャビティ102内を機械加工して角パイプ132で構成したバスケット130の外側を密着状態(空間領域なし)で挿入するようにしており、さらに、胴本体101と外筒105との間に内部フィン107を設けている。このため、燃料棒からの熱は、角パイプ132或いは充填したヘリウムガスを通じて胴本体101に伝導し、主に内部フィン107を通じて外筒105から放出されることになる。以上から、角パイプ132からの熱伝導率が向上し、崩壊熱の除熱を効率的に行うことができるようになる。

【0049】

また、使用済み核燃料集合体から発生する $\gamma$ 線は、炭素鋼あるいはステンレス

鋼からなる胴本体 101、外筒 105、蓋部 109 などにおいて遮蔽される。また、中性子はレジン 106 によって遮蔽され、放射線業務従事者に対する被ばく上の影響をなくすようにしている。具体的には、表面線当量率が  $2 \text{ mSv/h}$  以下、表面から 1 m の線量当量率が  $100 \mu\text{Sv/h}$  以下になるような遮蔽機能が得られるように設計する。さらに、セル 131 を構成する角パイプ 132 には、ボロン入りのアルミニウム合金を用いているので、中性子を吸収して臨界に達するのを防止することができる。

#### 【0050】

以上、この実施の形態 1 にかかるキャスク 100 によれば、胴本体 101 のキャビティ 102 内を機械加工しバスケット 130 の外周を構成する角パイプ 132 を密着状態で挿入するようにしたので、角パイプ 132 からの熱伝導率を向上させることができる。また、キャビティ 102 内の空間領域をなくすることができる。また、胴本体 101 をコンパクトかつ軽量にすることができる。なお、この場合であっても、角パイプ 132 の収容数が減少することはない。逆に、胴本体 101 の外径を図 16 に示すキャスクと同じにすれば、それだけセル数を確保できるから、使用済み核燃料集合体の収納数を増加することができる。具体的に当該キャスク 100 では、使用済み核燃料集合体の収容数を 69 体にでき且つキャスク本体 116 の外径を 2560 mm、重量を 120 ton に抑えることができる。また、現実の問題として、上記構成を採用することにより、要求される重量制限、寸法制限を満たした上で 69 本の使用済み燃料集合体を収容することが可能になった。

#### 【0051】

つぎに、上記実施の形態 1 にかかるバスケットの変形例について説明する。図 9 は、バスケットの変形例を示す斜視図である。上記角パイプ 132 は単純パイプ状であったが、同図 (a) に示すように、3 連のセル 161 を有する形状にしてもよい。また、田形のセル 162 を有する形状や (同図 (b))、L 字形にセル 163 を連ねた形状 (同図 (c)) であってもよい。これら角パイプの製造法には、上記同様の押出成形を用いればよい。なお、これら以外の、たとえば 4 連のセルを有する形状や T 字形にセルを連ねた形状としてもよい。このようにすれ

ば、角パイプの挿入を容易に行うことができる。

#### 【0052】

図10は、上記バスケットの他の変形例を示す平面図である。このバスケット170は、角パイプ171を千鳥状に配列した構成である。このため、角パイプ171内面のみならず隣接する角パイプ171外面によってもセル172が形成される。また、角パイプ171の角部分には面取り173が設けられており、当該角パイプ171をキャビティ102に挿入した状態で隣接する角パイプ171の面取り173同士が突き合い、全体として拘束状態になる。また、角パイプ厚は、所定の中性子吸収能を確保するため、上記角パイプ132に比べて厚めに設計する。なお、ダミーパイプ133は、省略してもよい。

#### 【0053】

図11は、上記バスケットの他の変形例を示す平面図である。このバスケット180のように、波板181を組み合わせることで格子状のセル182を構成するようにしてもよい。それぞれの波板181の角部分には面取り183が設けられ、当該角部分が隣接する波板の角部分に突き合わされて全体として拘束状態になる。波板181には、中性子吸収能を有するボロン入りアルミニウム合金を用いる。また、上記同様、所定の中性子吸収能を確保するため上記角パイプ132に比べて厚めに設計する。なお、ダミーパイプ133は、省略してもよい。

#### 【0054】

##### (実施の形態2)

図12は、この発明の実施の形態2にかかるキャスクを示す斜視図である。このキャスク200は、上記図16に示したキャスク500に対し、さらに熱伝導用のスペーサ201を設けた構造である。このスペーサ201により空間領域Sを埋め、角パイプ510からの熱を胴本体501に効率的に伝導するようにする。スペーサ201の材料は胴本体501と同じ炭素鋼であり、空間領域Sの形状に従って鋳造、鍛造或いは機械加工により製造する。

#### 【0055】

以上、このキャスク200によれば、スペーサ201により空間領域Sを埋めたので、熱伝導効率を向上させることができる。また、スペーサ201により剛

性を向上させることができるので、胴本体 501 の外形を小さくできる。このため、キャスク 500 をコンパクトかつ軽量にすることができる。

【0056】

また、同図では、角パイプ 510 をキャビティ 511 に挿入した後にスペーサ 201 を挿入するようにしているが、スペーサ 210 をキャビティ 511 内にボルト止めしてから角パイプ 510 を挿入するようにしてもよい。また、スペーサ 201 により所定の剛性を確保できるから、その分、胴本体 501 の外形を小さくするようにしてもよい。

【0057】

なお、熱伝導を促進するものであれば、同図に示すようなスペーサ 201 に限定されない。たとえば、角パイプ 510 と胴本体 501 との間に内部フィンを設置するようにしてもよいし、当該内部フィンの間にさらにレジンを充填するようにしてもよい（図示省略）。また、空間領域 S の形状に従って成形したダミーパイプを挿入するようにしてもよい（図示省略）。

【0058】

（実施の形態 3）

図 13 は、この発明の実施の形態 3 にかかるキャスクを示す径方向断面図である。このキャスク 300 の胴本体 301 は、バスケット 302 外周の角パイプ 303 が完全に当接するようにキャビティ 304 内を平面加工するのではなく、一部が当接して多少の空間領域 S<sub>a</sub> が残るように加工してある。すなわち、内部が円筒形状をしたキャビティ 304 の 12 箇所に対し、角パイプ 303 の一部に係合するような複数条の溝 305 を加工する。かかる構成によれば、加工装置による胴本体 301 の加工量を少なくできるので生産性が向上する。また、角パイプ 303 が胴本体 301 に対して直に当接する部分が増加すると共にキャビティ 304 内の空間領域 S<sub>a</sub> を少なくできるので、上記実施の形態 1 のキャスク 100 には劣るものの、図 16 に示すキャスク 500 に比べて熱伝導率を向上させることができる。さらに、キャスク 300 をコンパクトかつ軽量にすることができる。なお、この他の構成要素については上記実施の形態 1 のキャスク 100 と同じであるから、その説明を省略する。

【0059】

(実施の形態4)

図14は、この発明の実施の形態4にかかるキャスクを示す径方向断面図である。このキャスク400は、同図に示すように、上記実施の形態1に示したキャビティ内形状を変更して77体の角パイプ401を挿入可能にした点に特徴がある。この構成では、胴本体402の厚さがキャビティ403の4角で薄くなるため、当該部分に $\gamma$ 線を遮蔽する補助遮蔽体404を設けて補強する。補助遮蔽体404は、胴本体401と同じ炭素鋼製とする。

【0060】

このようにすれば、バスケット405のセル数を増やすことができるので、使用済み核燃料集合体の収容数を増やすことができる。なお、上記実施の形態ではセル数が69個および77個のものを示したが、所定重量および外径を確保できることを条件として、角パイプ401がキャビティ内面に接触する構成であれば当該個数以外であっても構わない。なお、この他の構成要素については上記実施の形態1のキャスク100と同じであるから、その説明を省略する。

【0061】

さらに、図15に他の変形例を示す。このキャスク450は、胴本体451のキャビティ452内に、角パイプ453の一部に係合する8条の溝454を機械加工することで、収納本数を77本に増やした構造である。また、胴本体451の厚さが薄くなる部分には、上記同様、 $\gamma$ 線を遮蔽する炭素鋼製の補助遮蔽体455を設けて補強する。さらに、バスケット456と胴本体451との間の空間領域Sbには、その形状に合わせたスペーサを挿入するようにしてもよい（図示省略）。なお、この他の構成要素については上記実施の形態2のキャスク200と同じであるから、その説明を省略する。

【0062】

【発明の効果】

以上説明したように、この発明にかかるキャスク（請求項1）によれば、外周に中性子遮蔽体を有すると共に $\gamma$ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内を、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外形

に合わせた形状にしたので、外側の角パイプがキャビティ内面に面接触することになると共に角パイプとキャビティとの間に空間領域が生じない。このため、熱伝導率が向上し、使用済み核燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

【0063】

また、この発明にかかるキャスク（請求項2）では、キャビティ内の一部を、前記バスケットの外形に合わせた形状にしたので、上記請求項1にかかるキャスクには劣るものの、その熱伝導率を向上し、使用済み核燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

【0064】

また、この発明にかかるキャスク（請求項3）では、外周に中性子遮蔽体を有しており $\gamma$ 線の遮蔽を行う胴本体のキャビティ内面、および、中性子吸収機能を有する複数の角パイプから格子状セルを構成したバスケットの外周、の一方を他方の形状に合わせることで両面を接触状態にしたので、熱伝導効率を向上できると共に使用済み核燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

【0065】

また、この発明にかかるキャスク（請求項4）では、さらに、ダミーパイプを設けると共に、前記キャビティ内であって胴本体の厚さに余裕がある部分を当該ダミーパイプに合わせた形状にし、前記ダミーパイプを、前記角パイプに接する状態でバスケットと共にキャビティ内に挿入するようにした。このため、キャスクのさらに軽量化を図ることができる。また、熱伝導率を向上できる。

【0066】

また、この発明にかかるキャスク（請求項5）では、胴本体の外側であって当該胴本体の厚さが薄くなる部分に、 $\gamma$ 線を遮蔽する補助遮蔽体を設けたので、 $\gamma$ 線の遮蔽能力を低下させることなく、上記キャスクと同様の効果を得ることができる。

【0067】

また、この発明にかかるキャスク（請求項6）では、バスケットとキャビティ

との間にスペーサを設けたので、使用済み核燃料集合体から発生する崩壊熱の熱伝導効率を向上させることができる。

【0068】

また、この発明にかかるキャスク（請求項7）では、バスケットを構成する角パイプのうちの複数を、キャビティ挿入前から一体化しておくようにしたので、キャスクの組立を容易にできる。また、角パイプ間の接触界面がなくなるので、熱伝導効率を向上することができる。

【0069】

また、この発明にかかるキャスク（請求項8）は、構造材に中性子吸収材を添加した複数の角パイプを束にすることで、使用済み核燃料集合体を収容する複数の格子状セルを形成したバスケットと、 $\gamma$ 線遮蔽材からなる鍛造品であって円筒形状のキャビティ内を、前記角パイプから構成したバスケット外形に合わせて平面加工した胴本体と、胴本体と外筒との間に渡した内部フィンを複数有すると共に胴本体、外筒および内部フィンにより形成する空間に充填した中性子を遮蔽する中性子遮蔽体とを備え、前記キャビティ内に前記角パイプを順次挿入してバスケットを構成した際、当該バスケット外面がキャビティ内面に接するようにした。このため、熱伝導率が向上し、使用済み核燃料集合体の収容数を増加することができる。また、コンパクト化あるいは軽量化することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

この発明の実施の形態1にかかるキャスクを示す斜視図である。

【図2】

図1に示したキャスクを示す径方向断面図である。

【図3】

図1に示したキャスクを示す軸方向断面図である。

【図4】

角パイプの製造方法を示すフローチャートである。

【図5】

角パイプの断面形状を示す説明図である。

【図 6】

上記角パイプの挿入方法を示す斜視図である。

【図 7】

キャビティの加工装置を示す概略斜視図である。

【図 8】

キャビティの加工方法を示す概略説明図である。

---

【図 9】

バスケットの変形例を示す斜視図である。

【図 10】

上記バスケットの他の変形例を示す平面図である。

【図 11】

上記バスケットの他の変形例を示す平面図である。

【図 12】

この発明の実施の形態 2 にかかるキャスクを示す斜視図である。

【図 13】

この発明の実施の形態 3 にかかるキャスクを示す径方向断面図である。

【図 14】

この発明の実施の形態 4 にかかるキャスクを示す径方向断面図である。

【図 15】

この発明の実施の形態 4 にかかる他のキャスクを示す径方向断面図である。

【図 16】

キャスクの一例を示す斜視図である。

【図 17】

図 16 に示したキャスクを示す軸方向断面図である。

【符号の説明】

100 キャスク

101 胴本体

102 キャビティ

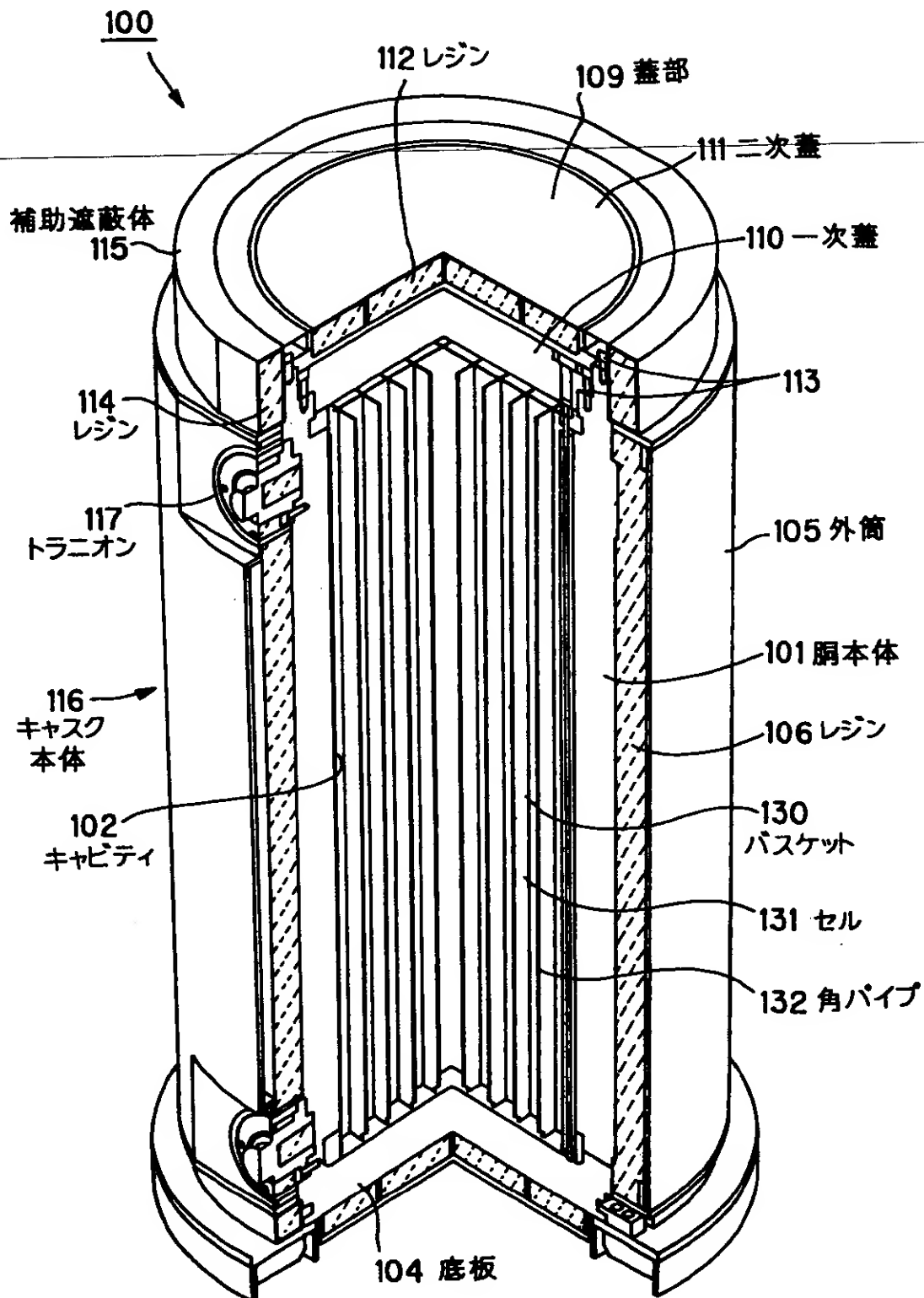
104 底板

- 105 外筒
  - 106 レジン
  - 107 内部フィン
  - 108 熱膨張しろ
  - 109 蓋部
  - 110 一次蓋
  - 111 二次蓋
  - 115 補助遮蔽体
  - 116 キャスク本体
  - 117 トラニオン
  - 118 緩衝体
  - 130 バスケット
  - 131 セル
  - 132 角パイプ
-

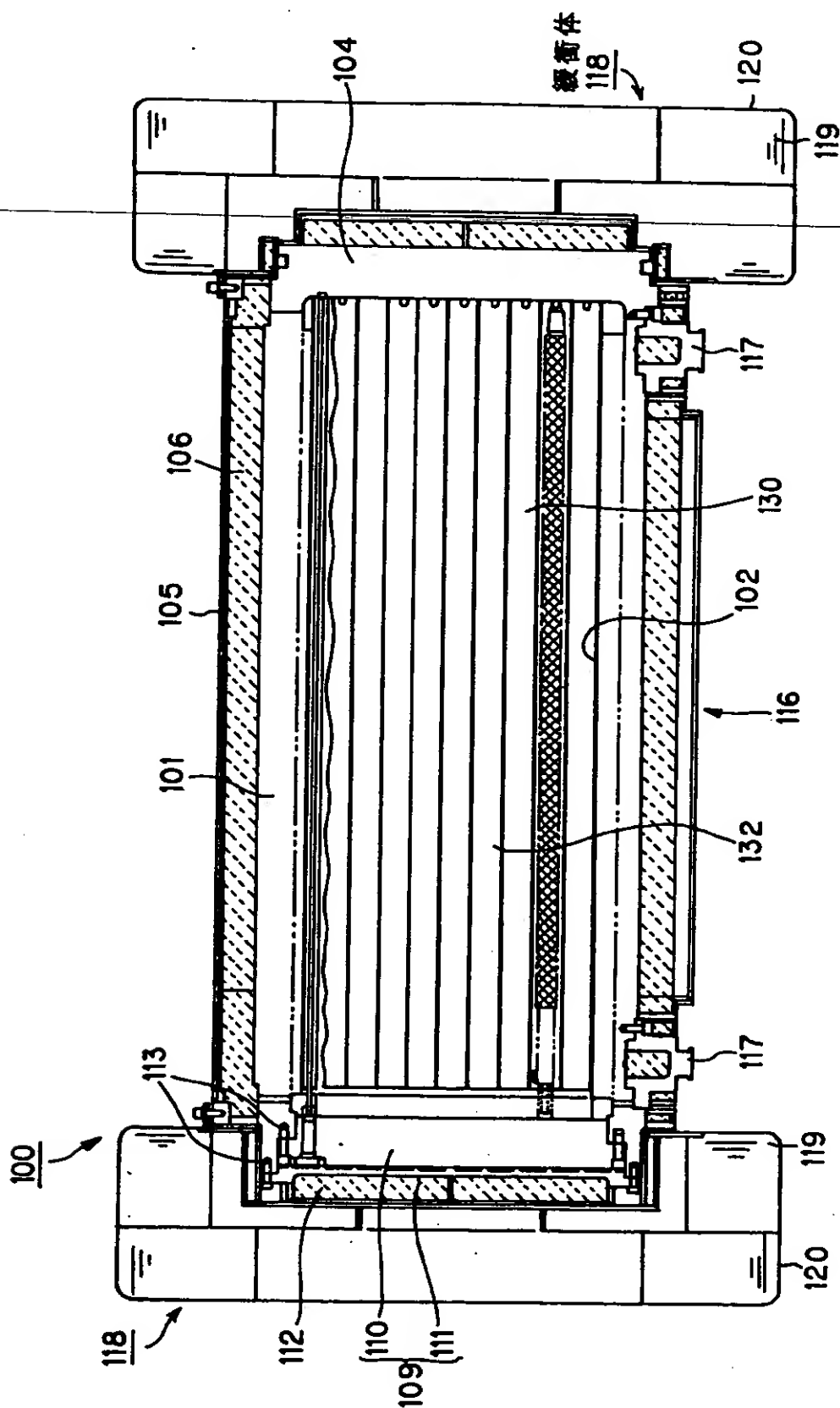
【書類名】

図面

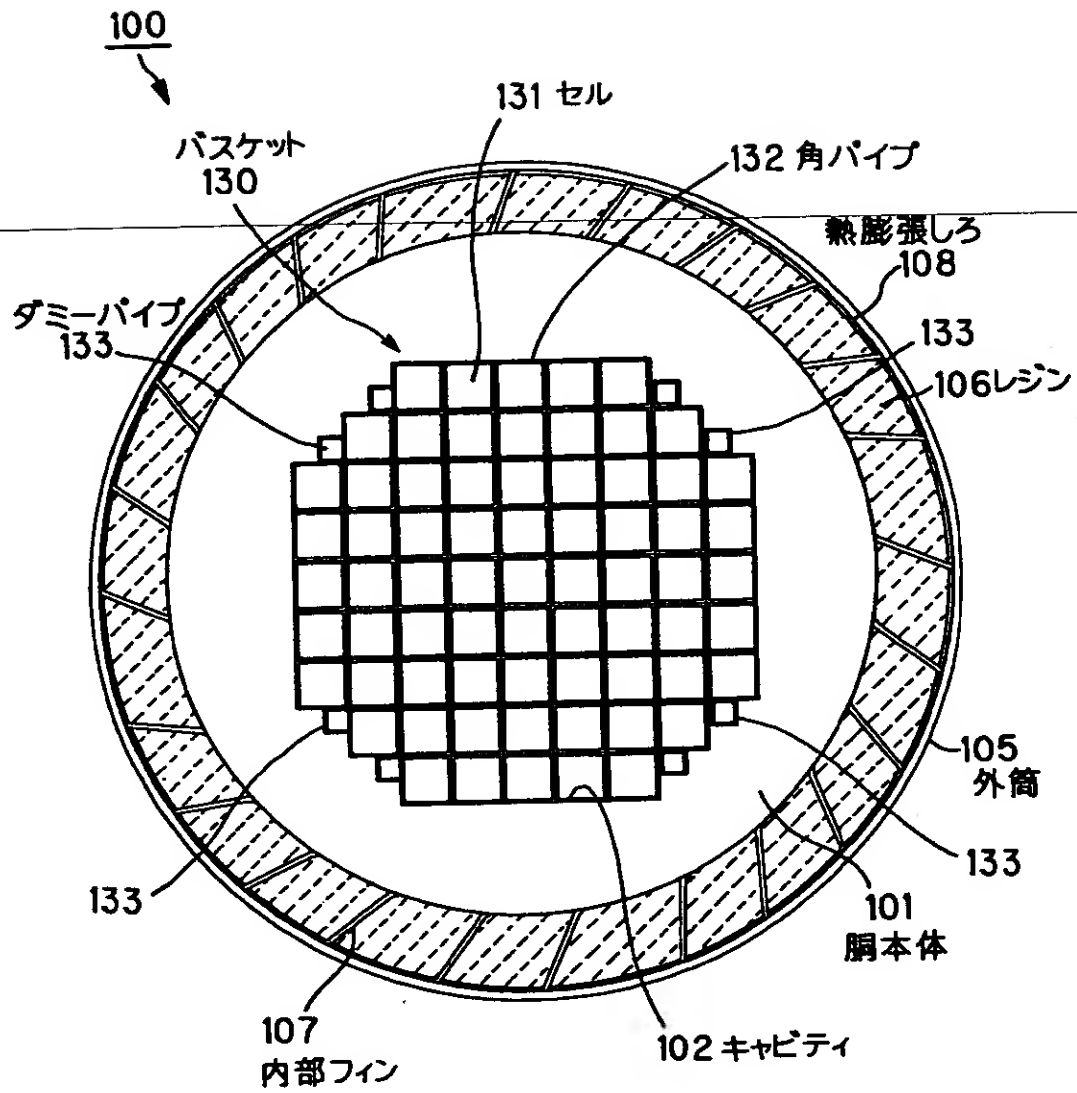
【図 1】



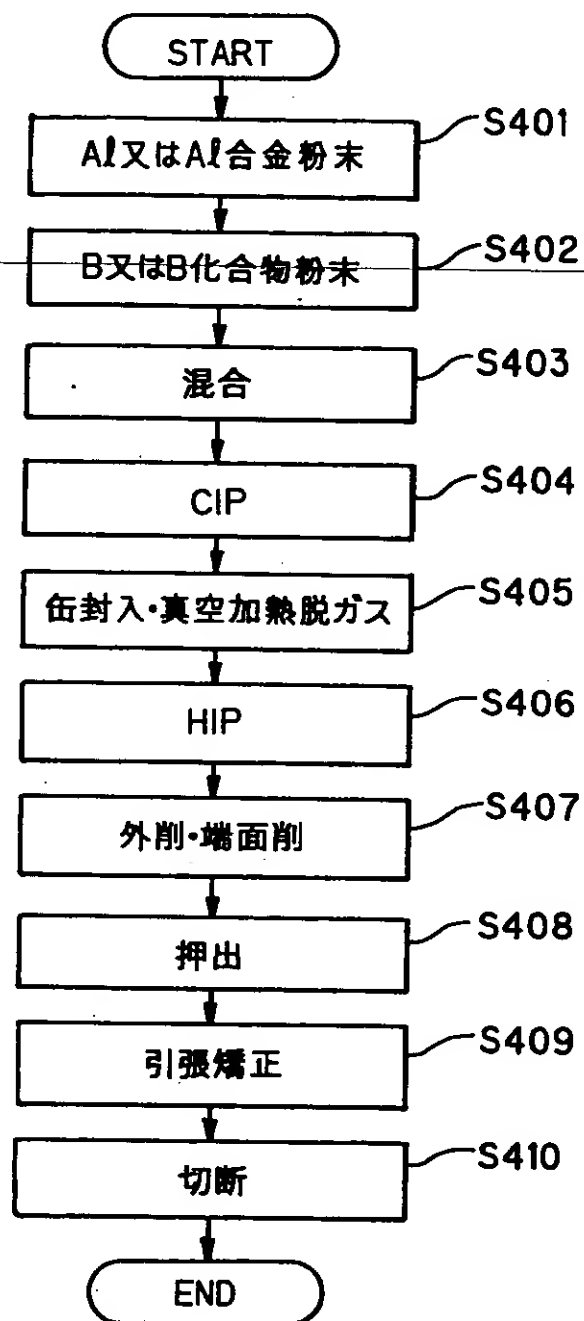
【図2】



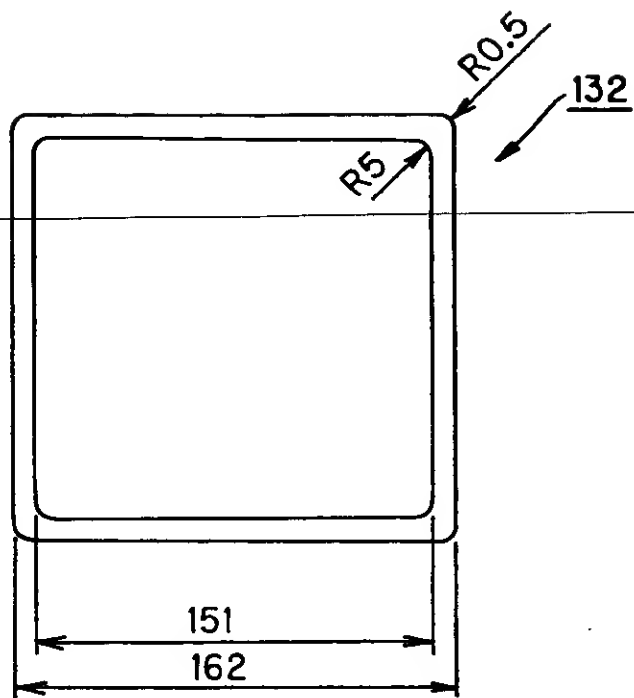
【図 3】



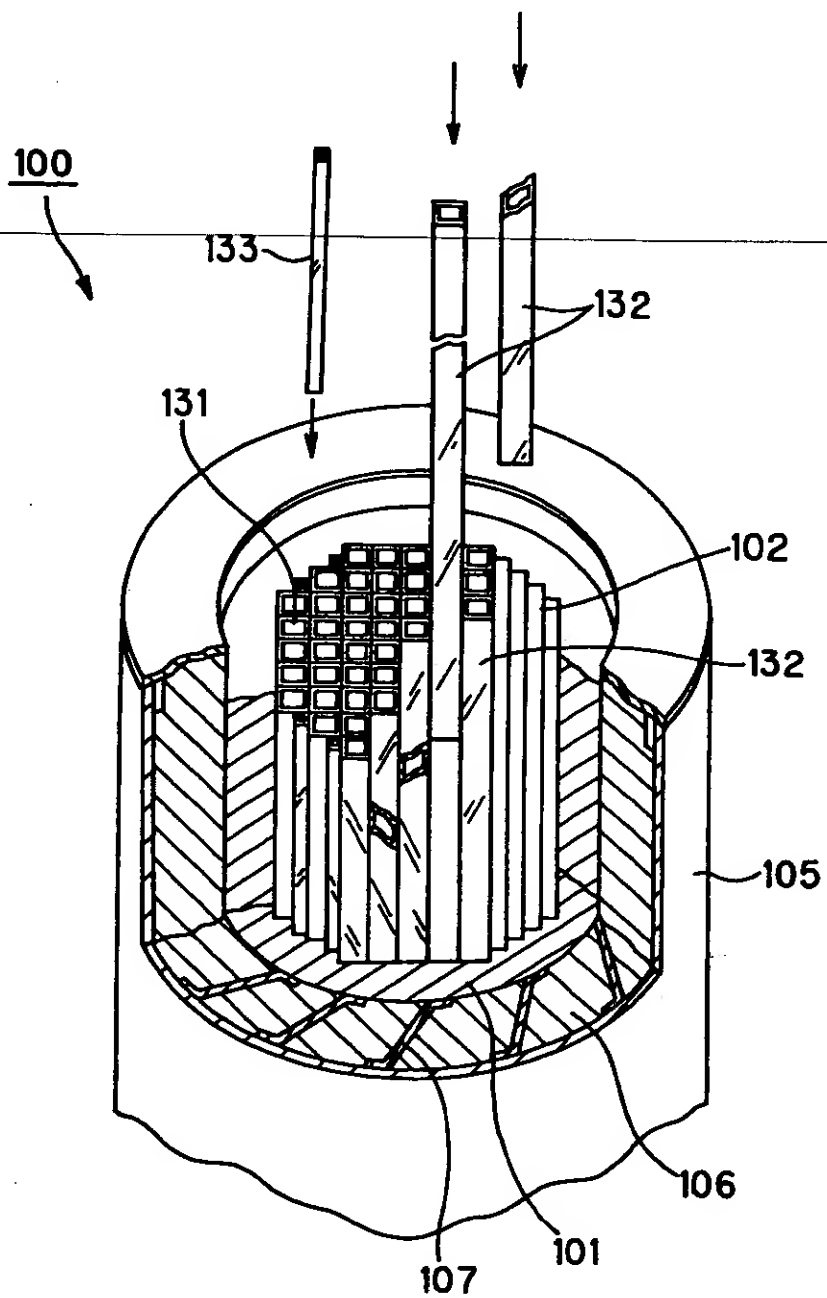
【図4】



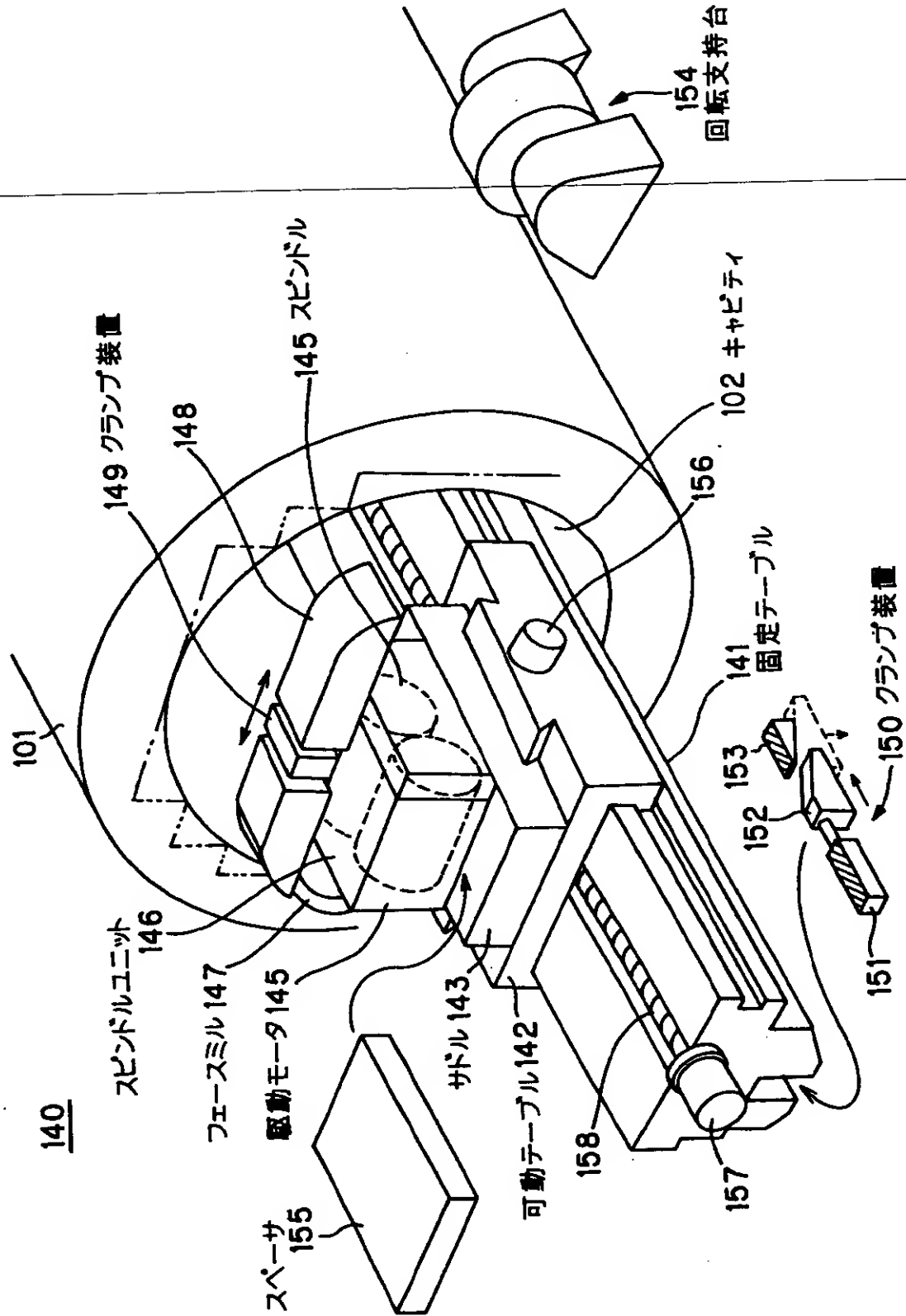
【图 5】

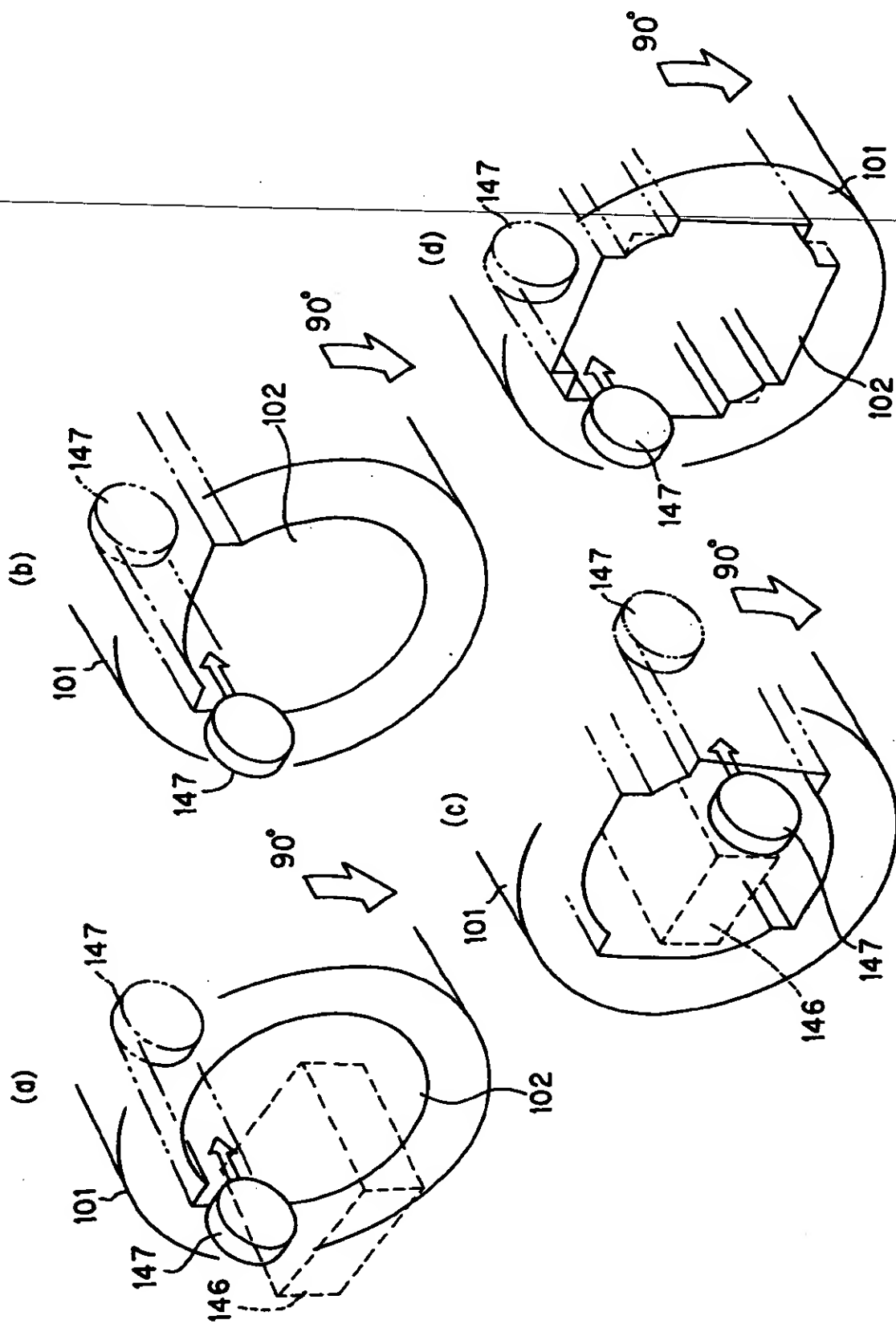


【図6】

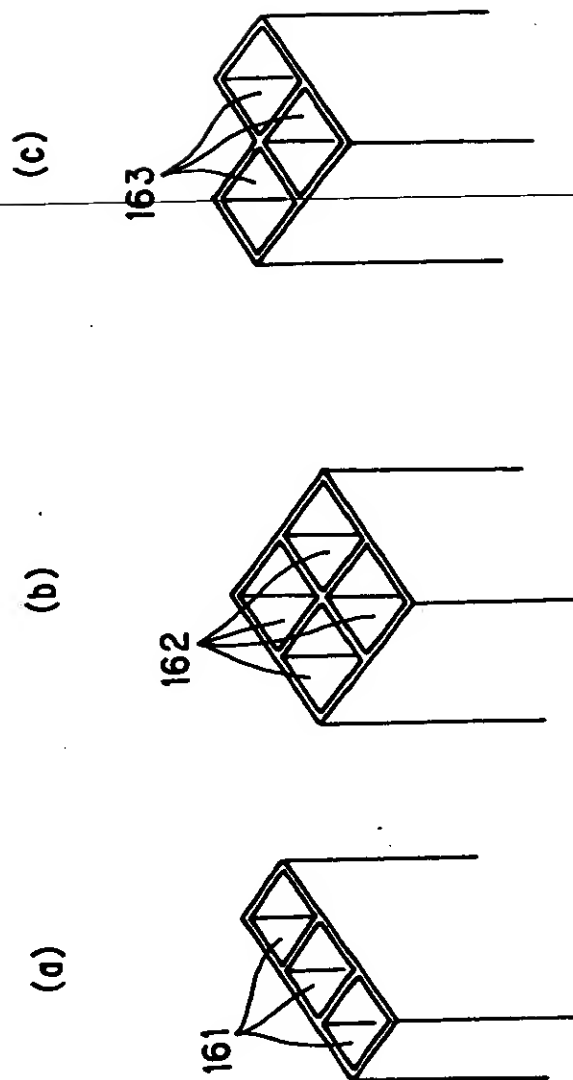


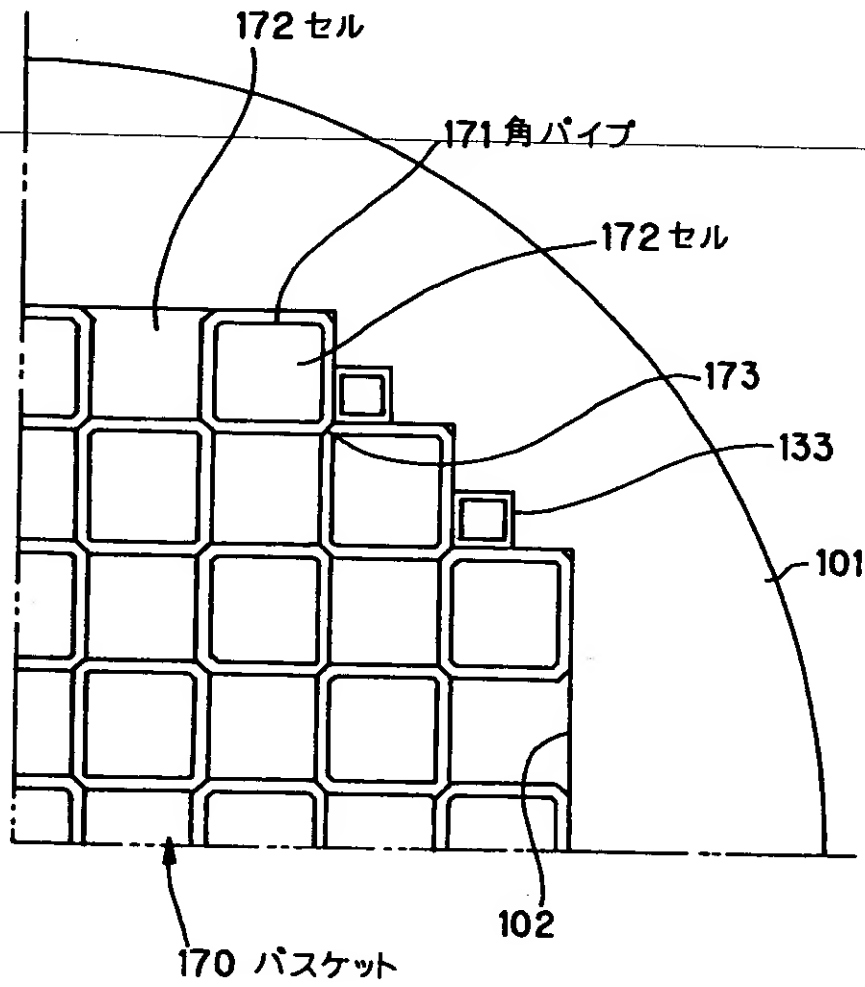
【図7】



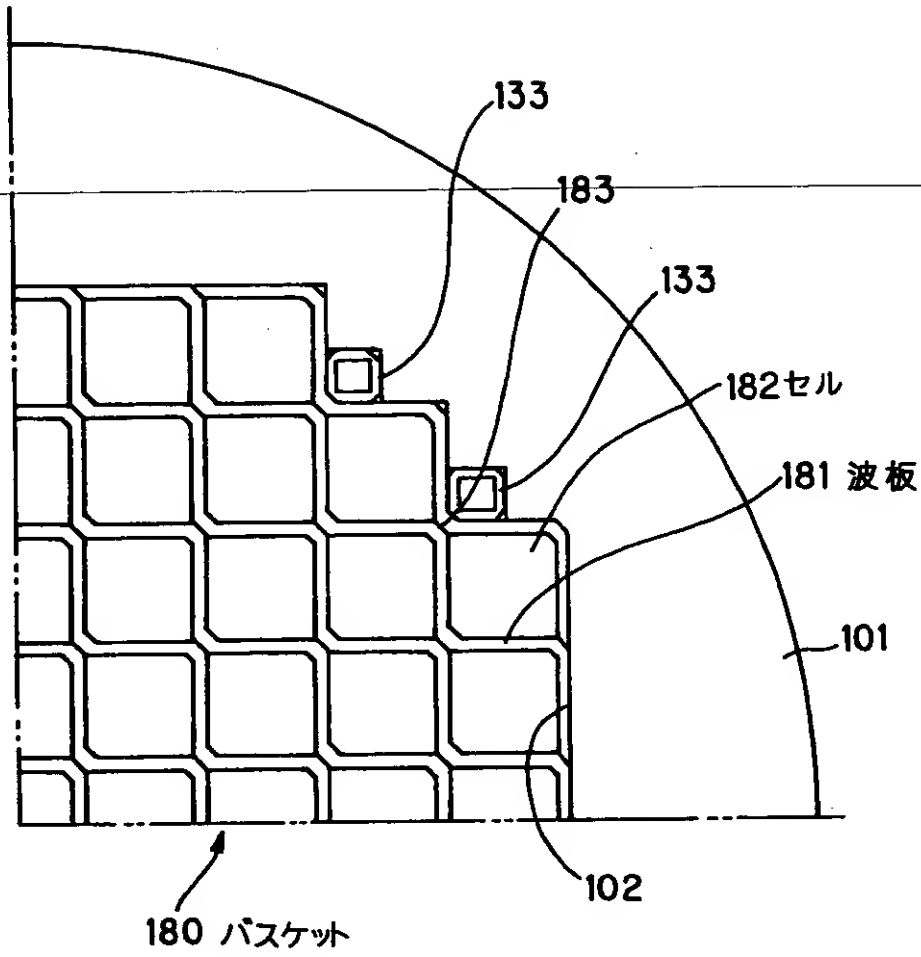


【图 9】

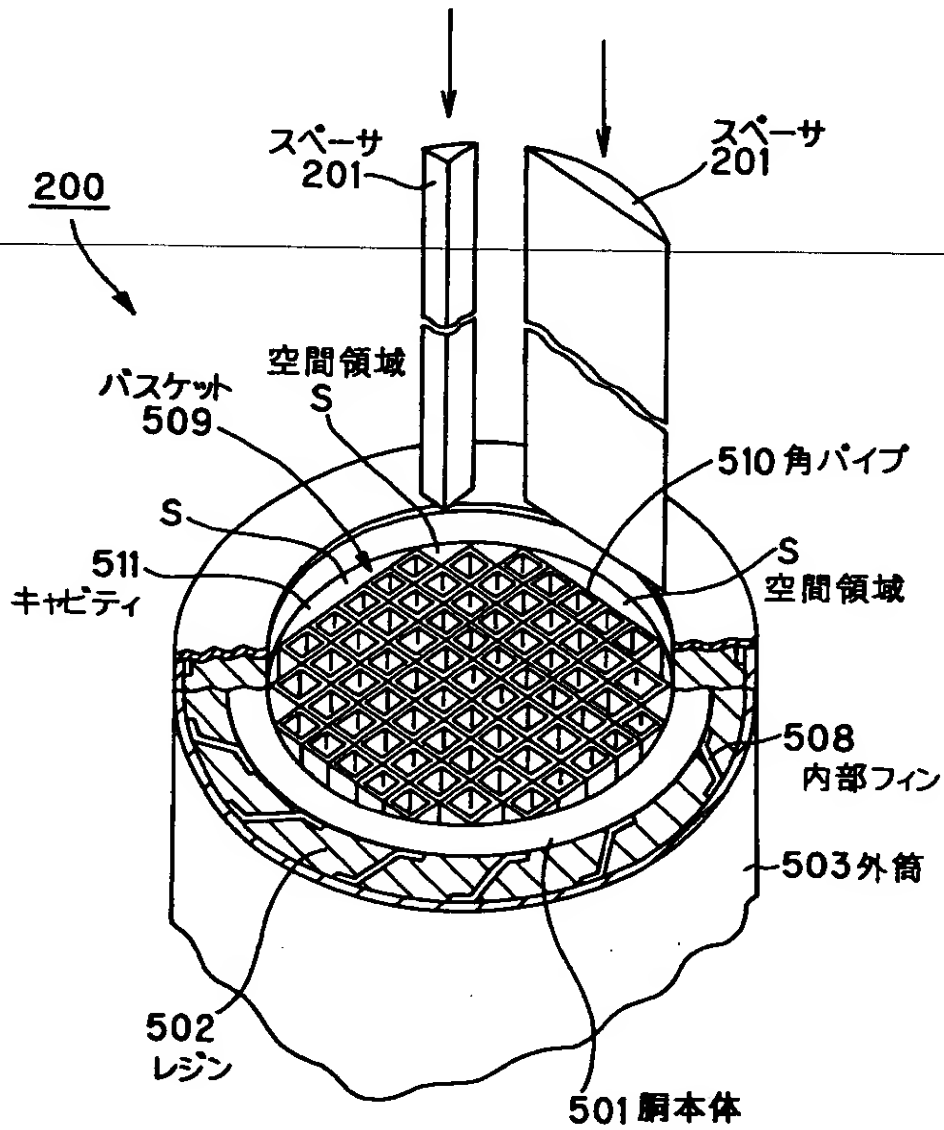




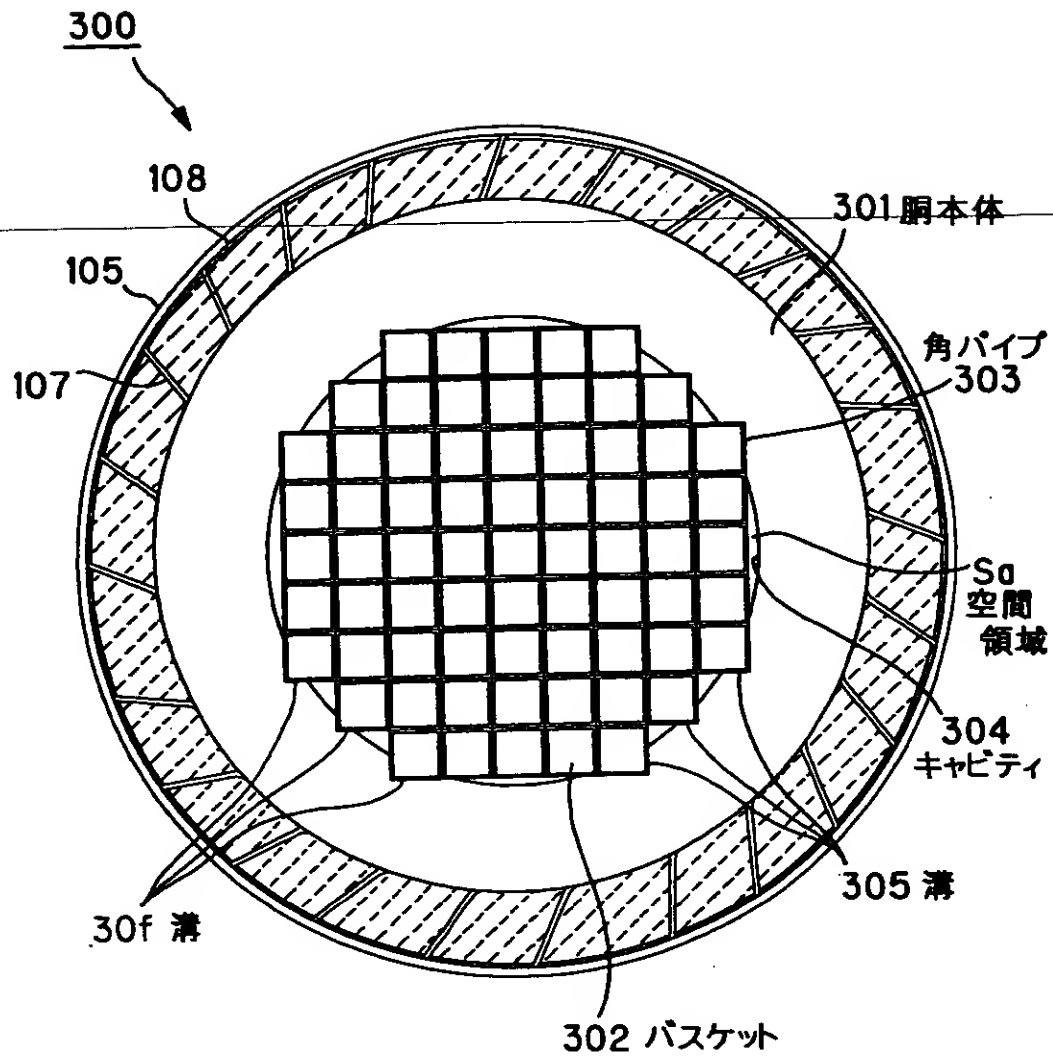
【図 11】



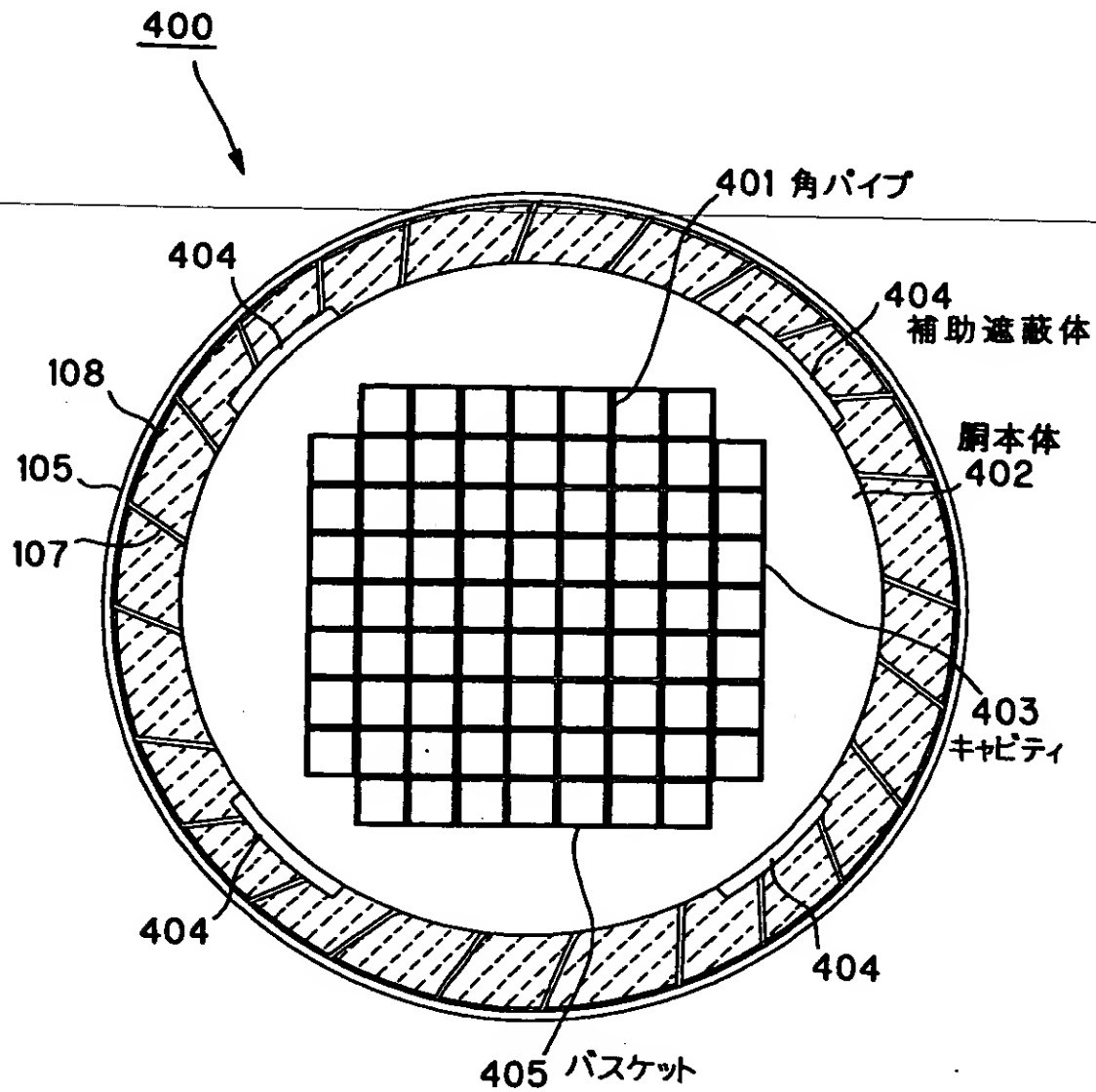
【図12】



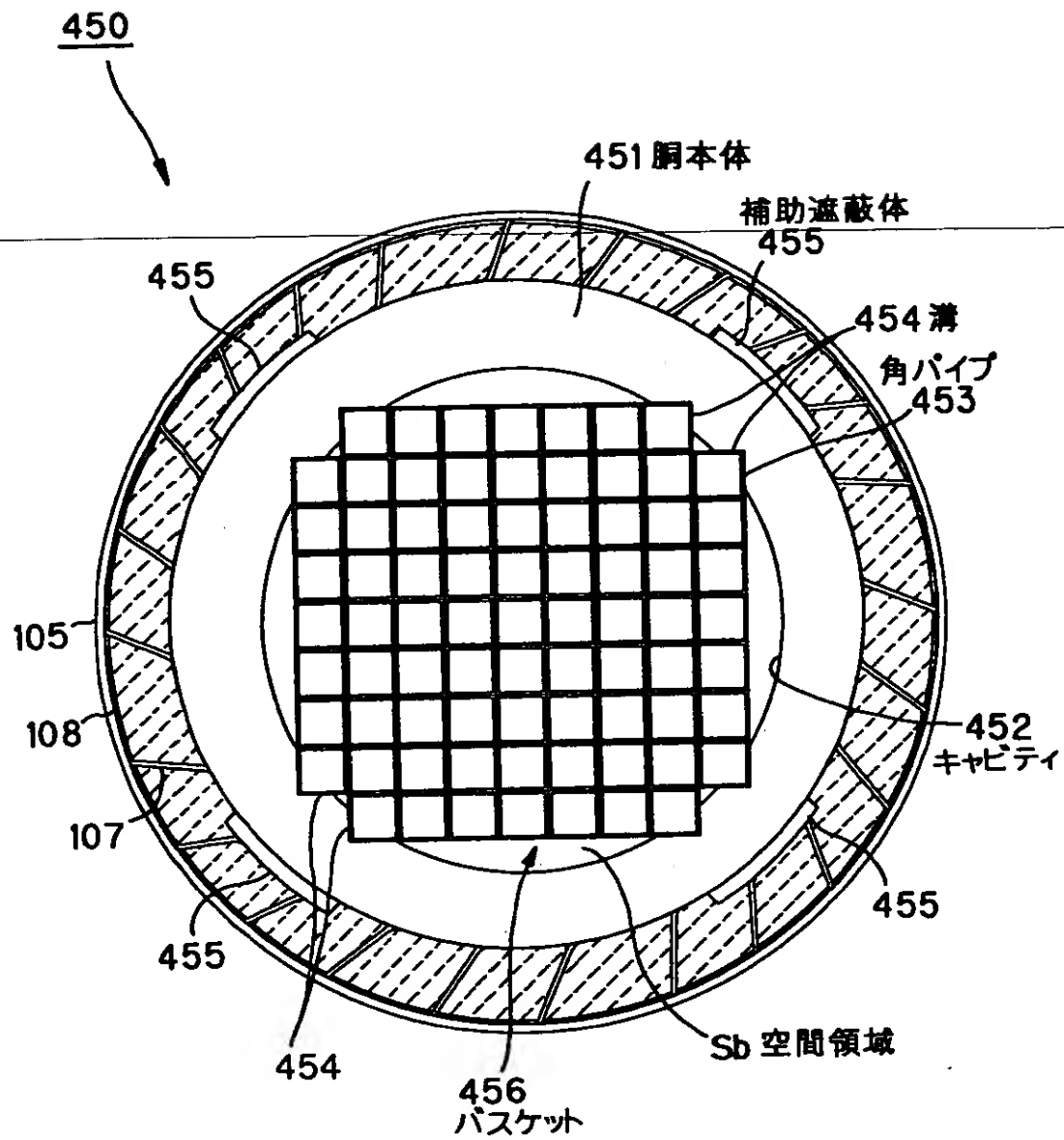
【図 1 3】



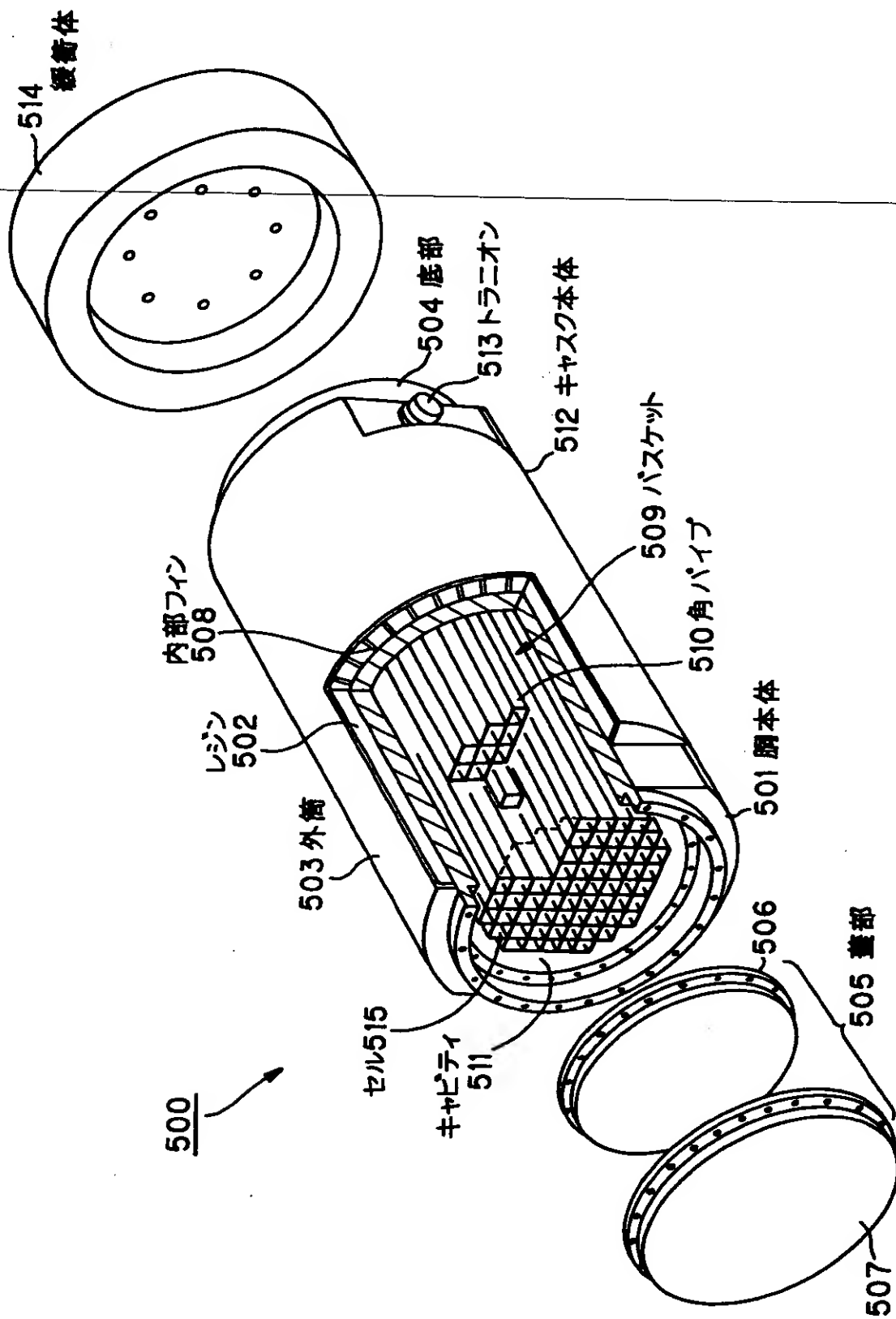
【图 14】



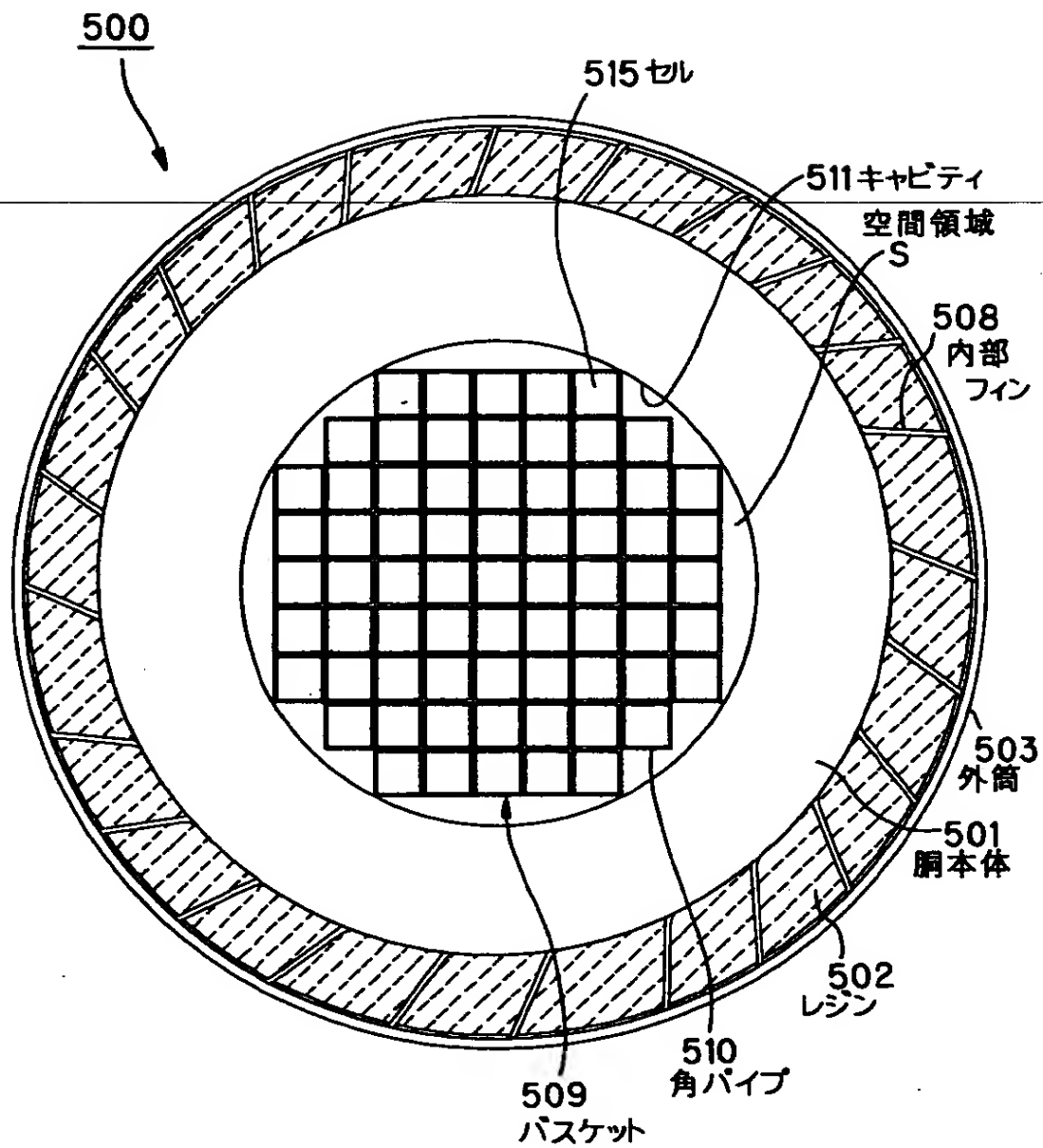
【図 1 5】



【図16】



【図 1 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 熱伝導効率を向上すること。

【解決手段】  $\gamma$ 線の遮蔽を行う胴本体101の外周には、中性子の遮蔽を行うレジン106が設けられている。バスケット130は、中性子吸収能を有する複数の角パイプ132から構成されている。胴本体101のキャビティ102内は、バスケット130の外形に合わせた形状に加工され、この内面に接するように前記角パイプ132が挿入されている。使用済み核燃料集合体は、角パイプ132から構成した格子状のセル131内に収容・貯蔵される。使用済み核燃料集合体から発生する崩壊熱は、角パイプ132の外面とキャビティ102の内面とが直接接しているので、熱伝導効率が向上する。

【選択図】 図3

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第249314号
受付番号	59900855493
書類名	特許願
担当官	伊藤 雅美 2132
作成日	平成11年 9月 8日

---

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000006208
【住所又は居所】	東京都千代田区丸の内二丁目5番1号
【氏名又は名称】	三菱重工業株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100089118
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目2番6号 東京倶楽部ビルディング 酒井国際特許事務所
【氏名又は名称】	酒井 宏明

【代理人】

【識別番号】	100110560
【住所又は居所】	東京都千代田区霞が関3丁目2番6号 東京倶楽部ビルディング 酒井国際特許事務所
【氏名又は名称】	松下 恵三

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006208]

---

1. 変更年月日	1990年 8月10日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内二丁目5番1号
氏 名	三菱重工業株式会社